4Г

УДК 681.327

В.В. Ганченко
Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь
ganchenkov@open.by

Обработка данных аэрофотосъемки в задачах мониторинга сельскохозяйственных полей

В данной статье описаны результаты исследования применимости некоторых подходов для решения задачи определения заболевания сельскохозяйственных полей по данным аэрофотосъемки. Использовались следующие подходы: пороговая сегментация по оттенку и насыщенности, нечеткая сегментация, вычисление фрактальных сигнатур (последний подход использован к каждому из цветовых каналов снимков отдельно). Также использована нечеткая сегментация по шести каналам: три цветовых канала и три канала, представляющие собой результат вычисления фрактальных сигнатур по цветовым каналам.

Введение

Дистанционные методы мониторинга сельскохозяйственных полей дают возможность оперативно выявить участки полей, пораженные болезнью. Выявление заболевания на ранних стадиях развития значительно сокращает затраты труда и средств. Находят развитие два основных подхода к решению задачи выявления пораженных участков – спектрометрический и оптический [1], [2]. Спектральный подход позволяет определять многие заболевания на ранних стадиях развития. Однако, несмотря на это, оптические методы также существенно развиваются, так как их использование позволяет увеличить качество идентификации.

Выделяются различные виды характеристик, которые можно использовать для идентификации заболевания [3-5]: геометрические, морфологические и цветовые, а также их комбинации, которые позволяют уменьшить пространство признаков, что упрощает идентификацию.

Основной задачей при обработке изображений для идентификации пораженных болезнью участков растения или поля является сегментация, т.е. выделение однородных по своим цветовым или фрактальным признакам объектов изображения (группы пикселей) и отнесение их к тому или иному заранее определенному классу.

Целью данной статьи является исследование применимости выбранных методов обработки изображений для решения задачи определения начала развития заболевания на поле картофеля по цветовым и фрактальным характеристикам листьев.

В качестве исходных данных использованы снимки участка картофельного поля, выполненные с разных высот в период со 2 по 6 июля 2007 года. На рис. 1 приведены примеры исходных изображений, выполненных с высоты 100, 50, 15 метров и с близкого расстояния.

Для определения заболевания растений на полях картофеля по данным аэрофотосъемки использовались следующие подходы: пороговая сегментация по оттенку и насыщенности, нечеткая сегментация, вычисление фрактальных сигнатур (последний подход использован к каждому из цветовых каналов снимков отдельно). Также использована нечеткая сегментация по шести каналам: три цветовых канала и три канала, представляющие собой результат вычисления фрактальных сигнатур по цветовым каналам.

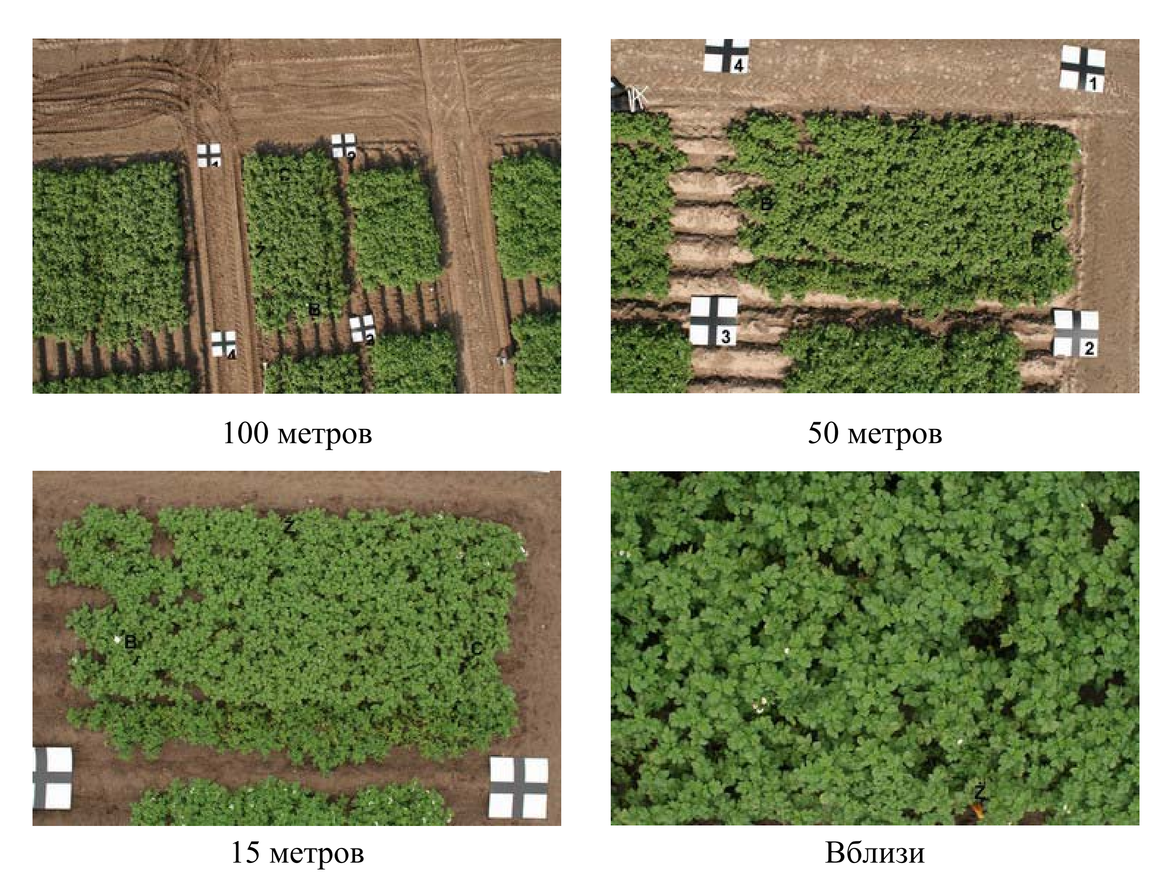


Рисунок 1 – Примеры исходных аэрофотоснимков, выполненных с разных высот

Описание системы

Простая обработка массива изображений может быть сопряжена с проблемой отсутствия связи между собственно результатами обработки и реальными картами полей. Для решения этой проблемы система обработки должна иметь связь с ГИС для более эффективного решения задачи заболевших участков сельскохозяйственных полей и упрощения их интерпретации людьми (рис. 2).

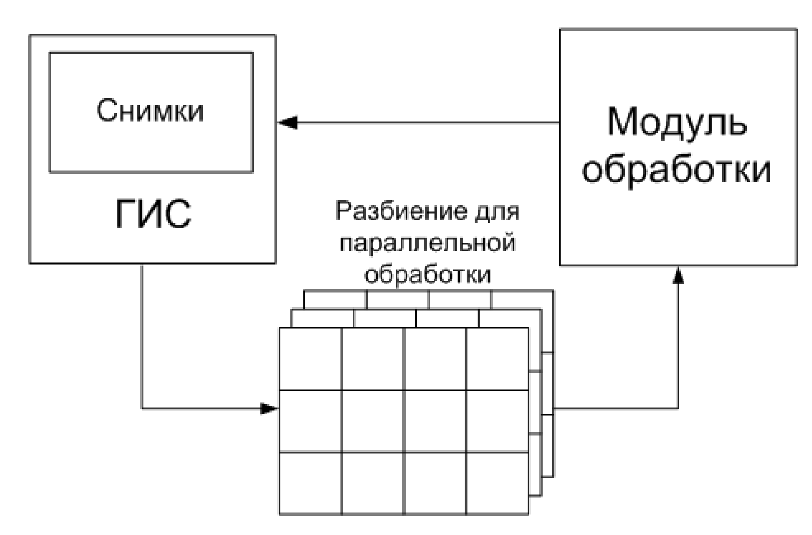


Рисунок 2 – Схема системы обработки

Описание подходов

Оценка визуального качества изображения

Качество изображения определяется большим количеством технических характеристик системы: соотношением сигнал/шум и статистическими характеристиками шума, градационными характеристиками, спектральными (цветовыми) характеристиками, интервалами дискретизации и т.д.

Одним из параметров, которые определяют качество изображений, является контраст. Поскольку изображение имеет сложный сюжетный характер, это порождает необходимость при определении его контрастности исходить из контраста отдельных комбинаций элементов изображения. При этом все элементы считаются равнозначными, и контраст каждой их пары вычисляется по формуле

$$C_{ij} = \frac{L_i - L_j}{L_i + L_j},$$

где L_i, L_j – яркости элементов сюжетного изображения.

Сюжетность изображения предполагает возможность его использования человеком. Поэтому при оценке контраста, как одного из параметров качества изображения, необходимо учитывать ряд особенностей зрительного восприятия человека.

Рассмотрим известный эмпирический подход к оценке визуального качества изображения [6]. Для формирования этой оценки рассматриваются такие параметры изображения, как среднеарифметическое значение яркостей $\overline{L}$, полнота использования градаций яркостей, резкость изображения и его обобщенный контраст.

В целом выражение для количественной оценки визуального качества полутоновых монохромных изображений записывают так:

$$Q = k \cdot KC \cdot LQ \cdot KQ \cdot RQ,$$

где k – нормирующий коэффициент; KC – оценка контраста изображения; LQ – оценка уровня адаптации зрительной системы; KQ – полнота использования элементами изображения градаций яркостей; RQ – оценка резкости.

Параметр KC дает оценку контраста изображения. Когда оценивается визуальное качество изображения независимо от его сюжетного наполнения, тогда за KC принимают обобщенный контраст изображения C_{gen}.

Задача сегментации

Цель сегментации – разбиение изображения на однородные области. Однородность рассматривается в смысле сходства интенсивности цвета [7].

Математическая формулировка задачи сегментации.

Пусть $f(x,y)$ – дискретная функция, описывающая анализируемое изображение;

X – конечное множество точек плоскости, на котором определена функция $f(x,y)$;

$S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$ – разбиение X на k непустых связных областей S_i и $i=1,2,\dots,k$;

Lp – предикат, заданный на множестве S и принимающий истинные значения тогда и только тогда, когда любая пара точек (x,y) из каждого подмножества S_i удовлетворяет некоторому критерию однородности этого подмножества.

Сегментацией изображения *f(x,y)* по предикату *Lp* называется разбиение $S=\{S_1,S_2,...,S_k\}$, удовлетворяющее условиям:

а) $\bigcup_{i=1}^{k} S_i = X;$

б) $S_i \cap S_j = \varnothing$ для любых $i \neq j$;

в) $Lp(S_i) =$ «истина» для любого i;

г) $Lp(S_i \cup S_j) =$ «ложно» для любых $i \neq j$.

Отметим, что k областей, полученных в результате сегментации часто различных классов, группируются в m классов, где $2 \leq m \leq k$.

Задача нечеткой классификации

Задача нечеткой классификации ставится следующим образом: X = (x_k) = = $(x_{k1}, x_{k2}, ..., x_{kp})$ – объекты, подлежащие классификации, где $k = [1, n]$; n – количество объектов ([8]). Количество классов равно c. Необходимо каждому элементу множества X поставить в соответствие степени принадлежности к классам. Сумма степеней принадлежности одного элемента к классам должна равняться единице.

Пороговая сегментация

При пороговой сегментации выделяются участки, цветовые характеристики которых, соответствуют пожелтевшим листьям заболевших растений, что соответствует следующим диапазонам значений оттенка (hue) и насыщенности (saturation) [7]:

hue = [0,9; 1,4], saturation = [45; 69].

Алгоритм вычисления фрактальной сигнатуры

Суть алгоритма вычисления фрактальной сигнатуры состоит в том, что квантованные значения интенсивности двумерного сигнала должны располагаться между двумя функциями, называемыми верхней и нижней поверхностями [9]. Верхняя поверхность U содержит множество точек, значения которых всегда, по крайней мере на один квант интенсивности, превышают интенсивность входного сигнала. Нижняя поверхность L имеет значения точек, которые всегда ниже, по крайней мере на один квант интенсивности, входного изображения.

Верхняя и нижняя поверхности при нулевой шкале масштабов определяется как:

$$U(i,j,0) = L(i,j,0) = g(i,j);$$

где $g(i,j)$ – входное изображение.

В общем случае:

$$U(i,j,\varepsilon+1) = \max\left\{U(i,j,\varepsilon)+1, \max_{k,m\in\eta}[U(k,m,\varepsilon)]\right\};$$

$$L(i,j,\varepsilon-1) = \min\left\{U(i,j,\varepsilon)-1, \max_{k,m\in\eta}[L(k,m,\varepsilon)]\right\};$$

$$\eta = \{(k,m) \mid d[(k,m),(i,j)] \leq 1\};$$

где d – функция расстояния.

Сконструированное покрытие, образованное двумя указанными функциями, имеет толщину 2ε. Для двумерного сигнала площадь поверхности есть объем, занятый покрытием и деленный на величину 2ε. Площадь «поверхности» интенсивности $A(\varepsilon)$ в пределах окна наблюдения R рассчитывают вычитанием точки за точкой нижней «поверхности» из верхней с дальнейшим суммированием по всему окну:

$$A(\varepsilon) = \frac{\sum_{i,j \in R} U(i,j,\varepsilon) - L(i,j,\varepsilon)}{2\varepsilon} = \frac{V(\varepsilon)}{2\varepsilon}.$$

Фрактальную размерность определяют по наклону $\log A(\varepsilon)$ как функцию $\log \varepsilon$.

Оценка сходства изображений

Для автоматического сравнения используют меры сходства [10]. Для сравнения исходного и сегментированного изображений необходимо представить последнее в виде псевдоцветного изображения. Для этого каждая область сегментированного изображения раскрашивается средним цветом соответствующей области исходного изображения. Сегментированные изображения сравнивают с исходным изображением или с сегментируемым изображением идеального алгоритма, в результате чего для каждого алгоритма получаем числовую оценку сходства сегментируемого и идеального изображений.

Функция Лью и Янг. Лью и Янг (Liu, Yang) оценивали результат сегментации цветных изображений с помощью функции:

$$F2(I) = \frac{1}{1000(N \times M)} \sqrt{R} \sum_{i=1}^{R} \frac{e_i^2}{\sqrt{A_i}},$$

где I – сегментируемое изображение размером $M \times N$; R – количество областей на сегментируемом изображении; Ai – площадь i-й области; e_i – средняя цветовая ошибка i-й области, которая равняется сумме евклидовых расстояний между RGB цветовым вектором пикселей i-й области (на исходном изображении) и цветовым вектором, соответствующим области i на сегментированном изображении.

Алгоритм, для которого значение функции $F2(I)$ меньше, считается лучшим.

Результаты обработки

В качестве примера на рис. 3 – 6 приведены результаты обработки для снимков, выполненных с высоты 50 метров. По оси абсцисс отложены дни развития заболевания.

Результат оценки визуального качества изображений

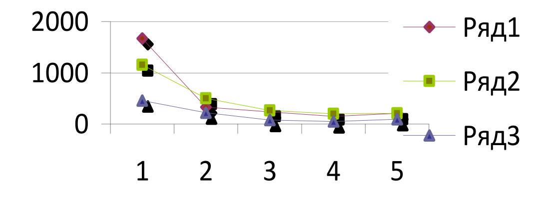


Рисунок 3 – Оценка качества для цветовых каналов исходных изображений

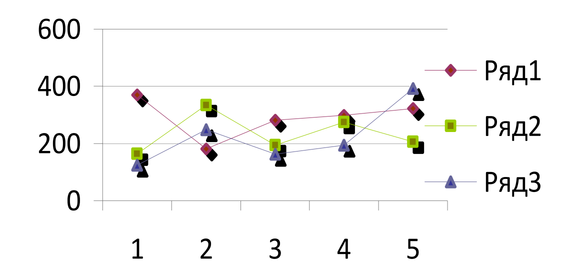


Рисунок 4 – Оценка качества для фрактальных сигнатур цветовых каналов

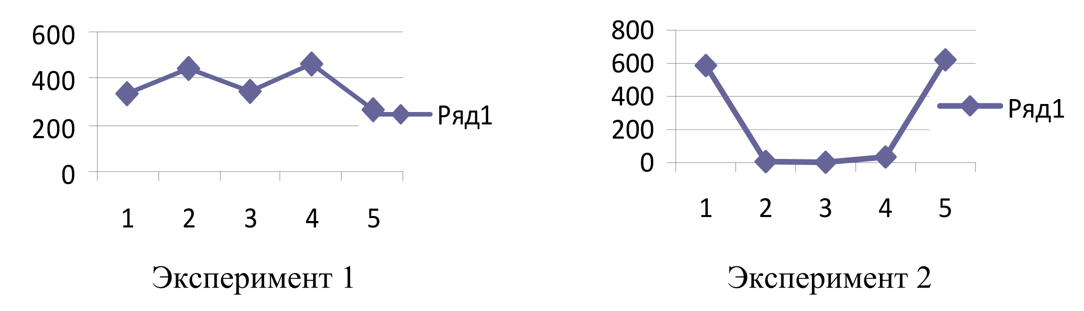


Рисунок 5 – Оценка качества для результатов нечеткой сегментации

Эксперимент 1 – результат сегментации цветовых каналов исходных изображений на пять сегментов;

Эксперимент 2 – результат сегментации цветовых каналов исходных изображений совместно с результатами вычисления соответствующих каналам фрактальных сигнатур на пять сегментов.

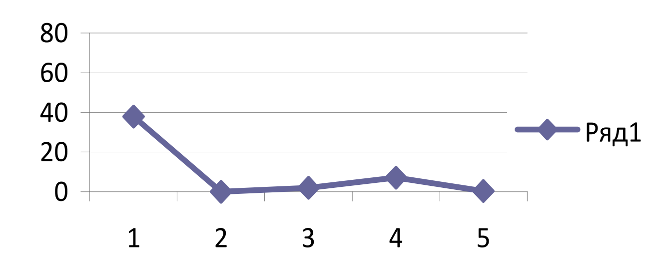


Рисунок 6 – Оценка качества для результатов пороговой сегментации

Результат автоматизированной оценки сходства изображений

Результаты обработки сравниваются с исходными изображениями.

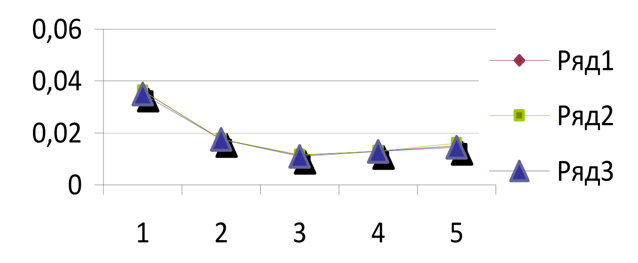
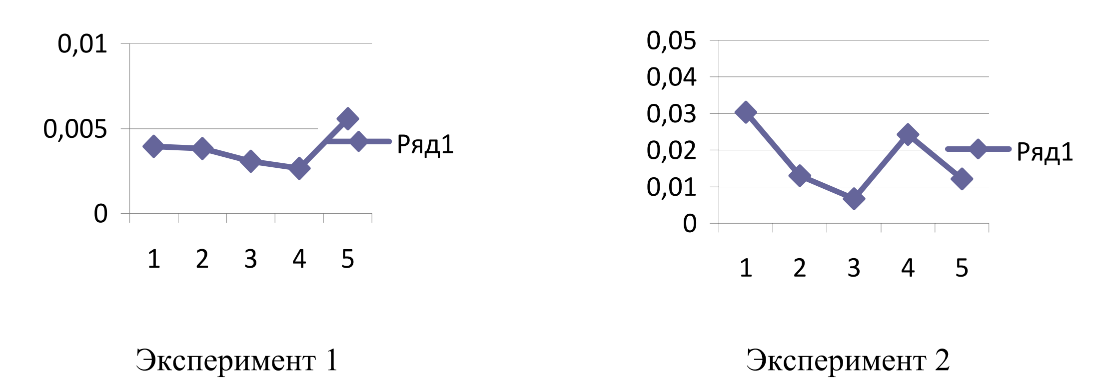


Рисунок 7 – Оценка сходства для фрактальных сигнатур цветовых каналов



Эксперимент 1 Эксперимент 2

Рисунок 8 – Оценка сходства для результатов нечеткой сегментации

Эксперимент 1 – результат сегментации цветовых каналов исходных изображений на пять сегментов;

Эксперимент 2 – результат сегментации цветовых каналов исходных изображений совместно с результатами вычисления соответствующих каналам фрактальных сигнатур на пять сегментов.

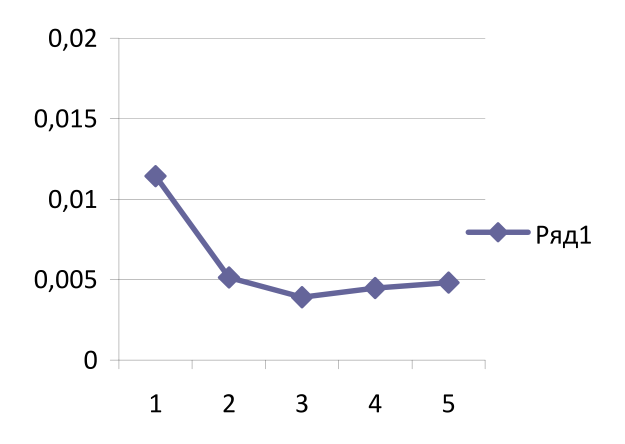


Рисунок 9 – Оценка сходства для результатов пороговой сегментации

Выводы

Исходя из приведенных графиков видно, что некоторые оценки позволяют сделать выводы относительно развития заболевания по снимкам, выполненным с различного расстояния. Так, при оценке визуального качества исходных изображений отмечается уменьшение численных значений оценки по мере развития заболевания. Однако это наблюдается только на снимках, выполненных с расстояния 100 и 50 метров, и проявляется наиболее ярко для красного и зеленого каналов исходных изображений. Схожее явление заметно и при оценке визуального качества результатов пороговой сегментации (для высот 100, 50 и 15 метров), а также для оценки результатов нечеткой сегментации для снимков, выполненных с 15 метров, причем результаты сходны как при сегментации цветовых каналов изображения, так и при совместной сегментации цветовых каналов с результатами вычисления их фрактальных сигнатур. В других случаях использованная оценка визуального качества изображений не дает видимых результатов.

При оценке сходства результатов обработки с исходными изображениями отмечается уменьшение численных значений оценки для высот 100, 50 и 15 метров. Оценки результатов остальных подходов к обработке изображений видимых результатов не дают.

Литература

1. Беляев Б.И., Катковский Л.В. Оптическое дистанционное зондирование. – Минск: БГУ, 2006. – 455 с.
2. Chao K., Chen Y.R. and Kim M.S. Machine vision technology for agricultural applications // Elsevier science transactions on computers and electronics in agriculture. – 2002. – Vol. 36.– P. 173-191.
3. Kumar N., Pandey S., Bhattacharya A. and Ahuja P.S. Do leaf surface characteristics affect agrobacterium infection in tea [camellia sinensis (l.) o kuntze)? // J. Biosci. – 2004. – Vol. 29, № 3. – P. 309-317.
4. Soille P. Morphological image analysis applied to crop field mapping // Image and Vision Computing. – 2000. – Vol. 18, № 13. – P. 1025-1032.
5. Panagiotis Tzionas, Stelios E. Papadakis, Dimitris Manolakis. Plant leaves classification based on morphological features and a fuzzy surface selection technique // 5th Int. Conf. on Technology and Automation ICTA'05, 15-16 October 2005. – Thessaloniki (Greece). – 2005. – P. 365-370.
6. Воробель Р.А., Журавель І.М., Опыр Н.В., Попов Б.О., Дереча В.Я., Равлик Я.М. Метод количественной оценки качества рентгенографических изображений // Труды Третьей Украинской научно-технической конференции «Неразрушающий контроль и техническая диагностика – 2000». – Днепропетровск. – С. 233-236.
7. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
8. Fuzzy clustering [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.csc.umist.ac.uk.
9. Потапов А.А. Фракталы в радиофизике и радиолокации / А.А. Потапов. – М.: Логос, 2002. – 664 с.
10. Старовойтов В.В. Локальные геометрические методы цифровой обработки и анализа изображений // В.В. Старовойтов – Минск: Институт Технической Кибернетики БАН, 1997. – 284 с.

V.V. Ganchenko

Identification of Agricultural Fieds Disease on Evidence Derived from Airphotography

In the paper the results of research of applicability of some approaches for the decision of a problem of agricultural fields disease definition are described on evidence derived from airphotography by the example of potato fields. For definition of disease the following approaches were used: threshold segmentation on a hue and saturations, fuzzy segmentation, fractal signatures calculation. Also indistinct segmentation on six channels is used: three color channels and three channels representing result of fractal signatures calculation on color channels.

Статья поступила в редакцию 07.08.2008.